

# FIDES 고장률예측기법

2024.05.08

이성섭  
Global I&C Partners

Global I&C partners acts for a safe world  
through common application of dependable control system technology.  
(Kook Hun Kim is a part-time member of GICP)

# ➤ Generation ( 세대 )

3요 "이걸요?", "제가요?", "왜요?"라고 면전에서 되묻는 MZ에서 잘파(Zα) 세대로

## 1) 밀레니얼 M 세대(80년초 부터 20년초) 40 대

정보기술(IT)에 강하고, 대학 진학률이 높다. 2008년 글로벌 금융위기 (일자리감소 등), 아날로그와 디지털 문화를 함께 경험

## 2) Z세대 (90년 중반에서 20년초) 30대

디지털 네이티브(디지털 원주민) 로서 스마트폰과 이미지, 동영상 선호, 금융위기 간접 체험, 안정성과 실용성을 중요시하는 경향

## 3) MZ 세대( 밀레니얼과 Z세대 통칭)

디지털 친숙, 최신 트렌드 민감, 다른 사람과 다른 이색적 경험, 집단보다는 개인 행복을 1순위, 소유보다 공유, 상품보다 경험 중시

## 4) 알파세대 (2011년부터 2015년, 2024년?)

기술 발전을 보며 자란 세대, 디지털과 인공지능이 우리 삶 속에 들어온 이후 태어나 인공지능(AI), 로봇 등에 익숙, 디지털 온리

## 5) 잘파(Zα) 세대

'Z세대'와 '알파(Alpha)세대'를 합친 신조어. 밀레니얼 세대와 구분되며 그 어떤 세대보다 거부감 없이 최신기술을 받아들이는 세대  
저출산 시대, 성장 과정에 가족의 애정과 관심을 독차지, 자기에 대한 자신감과 정체성이 확고, 신념과 가치관 표현에 거리낌이 없다.

# ➤ **잘파(Zα) 세대의 역할(원전 산업)**

## **Chat**

### 1) Embrace of Technology and Innovation: **기술 혁신의 수용**

원전 안전성, 효율성 및 지속가능성의 향상, 혁신적 기술의 수용 및 추구, 인공지능 및 최첨단 기술 통합 (운전성과 안전조치 강화)

### 2) Collaborative and Team-Oriented Approach: **협업과 팀 중심 접근 방식**

협업과 팀워크에 가치, 문제 해결, 정보 공유 및 의사결정에 있어서 타 분야 전문가와 적극적 협업 (복잡한 과제 해결 능력)

### 3) Environmental and Sustainability Focus: **환경 및 지속 가능성**

환경이슈와 지속가능성에 강한 관심, 클린에너지해결을 위한 통합 구현 강조

### 4) Transparency and Communication: **투명성과 의사소통**

소셜미디어와 즉각적 메시지에 익숙함, 개방형 대화로 투명한 논의 가능 (안전장치, 인허가성 및 사회적 수용성 주제에 개방적)

### 5) Global Regulatory Compliance: **글로벌 규정 준수**

국경을 넘어 규제 프레임워크와 표준을 조화, 국제 협력에 적극적으로 참여 (세계적으로 통합된 접근 방식)

### 6) Adaptability and Flexibility: **적응성과 유연성**

적응력이 뛰어나며 유연한 근무 방식 선호, 새로운 규제 요건 채택, 발전하는 안전 표준에 적응력, 새로운 과제에 신속 대응

### 7) Ethical Considerations: **윤리적**

윤리적 고려와 사회적 책임에 높은 가치

# ➤ 2024 세계속의 우리 (AI, 모듈화, 모델링)

## 1) 기술의 가속화

- **인공지능 (AI) 및 기계 학습** : 자동화, 예측 분석, 자율주행 등 다양한 분야
- **사물 인터넷 (IoT)** : 데이터 수집/ 분석, 생활의 편의성 증가, 자원의 효율성
- **블록체인 기술** : 탈중앙화 데이터베이스, 안전 거래 보장(금융, 의료, 공급망 관리 등 다양한 분야)
- **생명공학 및 유전자 편집 기술** : 질병 치료, 식물 육종, 작물의 생산 등 다양한 분야에서 혁신적인 해결책
- **로봇 공학 및 자동화 기술** : 제조업, 의료, 물류 등, 생산성 향상, 인간의 노동력, 교통 체증, 교통 안전개선

## 2) 기술 가속화 조건(몰입)

- **자금투자** : 기업, 정부, 투자 기관 등 다양한 주체
- **전문가 및 인력** : 공학자, 프로그래머, 과학자, 디자이너, 마케터 등 다양한 분야의 전문가
- **연구 및 개발 인프라** : 실험실, 연구 시설, 컴퓨터 시스템, 테스트 벤치마크 등의 인프라
- **협력과 연결** : 산업계, 학계, 정부, 비즈니스, 사회 기관 등 다양한 주체들 간의 협력, 글로벌 네트워크와의 연결
- **교육 및 인식** : 과학 기술 교육, 기술 인식 캠페인, 인터넷, 마케팅

## 엘런 머스크

- 전기 자동차 및 자율 주행 기술 개발( 교통 및 환경 분야 혁신)
- 우주 비용 절감( 인류의 우주 탐사 꿈 )
- OpenAI, 인공지능 및 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술 개발

## NVIDIA

- 그래픽 처리 유닛 개발 (대규모 데이터 처리, 딥러닝 알고리즘 실행)
- AI 및 딥러닝 분야 혁신( 인공지능 산업의 선도적인 역할)
- **디지털트윈 기술, AI forecast** 등 개발

# ➤ 디지털트윈 기술 (Earth forecast system)



## 1) Hardware 인프라

- **HPC Clusters:** 복잡한 모사 및 데이터/ 메모리, 초연결/data sets처리
- **GPU :** 병렬연산 ( 모사 가속 및 데이터 처리)
- **Storage :** 관측 데이터, 모델출력, 모사 결과 (병렬파일, 분산저장 등)
- **네트워킹:** 데이터 (컴퓨터 노드, 저장시스템, 외부 데이터 소스 간) 들의 고속 전달, 신뢰성 확보

## 2) Software 기술

- **Simulation and Modeling Software:** NWP, climate, ocean circulation, framework(WRF, CESM), **other models**
- **Data Assimilation Tools:** incorporate observational data into model simulations to improve their accuracy. (Ensemble Kalman Filter or 4D-Var)
- **Machine Learning and AI:** data preprocessing, feature extraction, pattern recognition, and post-processing of simulation outputs. NVIDIA's libraries and frameworks, such as CUDA, cuDNN, and TensorFlow, provide GPU-accelerated support for training and deploying machine learning models.
- **Visualization and analysis tools:** ParaView, VisIt, or IDL, enables researchers to visualize complex Earth system data and generate informative visualizations.

## 모듈/모델링

- Geological Conditions of Land
- Sea Water Flow
- Wind: pressure gradients, Coriolis forces, frictional effects, and interactions with land, oceans, and other atmospheric features
- Cloud Formation: microphysics models, atmospheric models
- Temperature and Sunlight: Solar radiation models
- Interaction between Components
- **careful coordination and data exchange to capture the complex interactions and feedbacks**



## ➤ 디지털트윈 기술 (Nuclear system)

### 1) Models :

- Nuclear Reactor Physics: equation, parameters, materials( core, fuel, control rods, moderator, coolant)
- Reactor Core Dynamics: operational conditions, such as power level, control rod position, coolant flow rate, and reactor scrams. Reactivity feedback (온도, 밀도, 감속재 성분)
- Thermal-Hydraulics:
- Safety Systems and Controls: behavior of reactor control rods, control systems, and reactor trip logic.
- Fuel Behavior:
- Integrating various physics-based models: represent the **complex interactions and dynamics** of nuclear reactions, thermal-hydraulics, safety systems, control systems, and fuel behavior.
- Material Degradation Models:
- Component Aging and Wear Models: material fatigue, creep, stress corrosion cracking, and wear of moving parts. (reactor pressure vessels, steam generators, pumps, valves, piping, and [instrumentation](#).)
- Fuel Rod Performance Models:
- Radiation Damage and Activation Models:
- **Probabilistic Risk Assessment (PRA)**: integrate degradation models with probabilistic techniques to assess the likelihood and consequences of component failures, accidents, and off-normal events. [used for plant design, maintenance planning, regulatory compliance, and risk management.](#)

### 2) Software 기술

- **Simulation and Modeling Software**; NWP, climate, ocean circulation, framework(WRF, CESM), [other models](#)
- **Data Assimilation Tools**: incorporate observational data into model simulations to improve their accuracy. (Ensemble Kalman Filter or 4D-Var)
- **Machine Learning and AI**: data preprocessing, feature extraction, pattern recognition, and post-processing of simulation outputs. NVIDIA's libraries and frameworks, such as CUDA, cuDNN, and TensorFlow, provide GPU-accelerated support for training and deploying machine learning models.
- **Visualization and analysis tools**: ParaView, VisIt, or IDL, enables researchers to visualize complex Earth system data and generate informative visualizations.

## ➤ 디지털트윈 기술 (FIDES 역할)

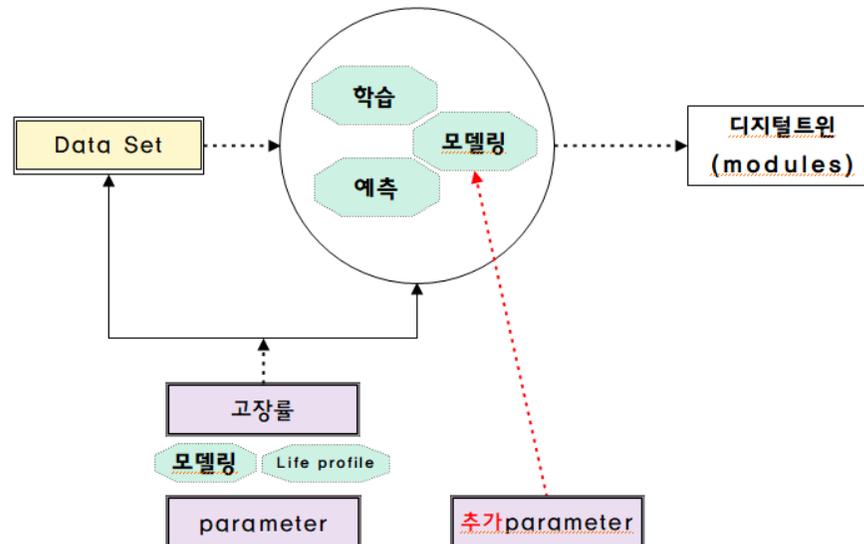
**Failure Data:** 하드웨어와 소프트웨어 모듈의 성능과 신뢰도에 대한 정보( [failure modes](#), [failure rates](#), [downtime duration](#), [maintenance actions taken](#), [environmental conditions](#), and [operational parameters](#))

**Machine Learning (ML):** 다양한 분석( failure data, extract meaningful patterns, correlations, and insights from large datasets ), 숨겨진 다양한 인자들 간의 관계 (e.g., operating conditions, component characteristics, environmental factors) 및 [고장원인과 고장 발생 예측을 위한 알고리즘 및 모델링](#)

**Prediction Mechanisms:** [고장률 data와 ML을 활용한 예측](#)(잠재적 고장, 성능저하, 하드웨어와 소프트웨어 모듈의 비정상 거동 형태) 기능과 사전예방적 유지보수 전략 수립

**통합:** 물적 자산, 시스템, 프로세스를 고장률 데이터를 포함한 다양한 실시간 소스data를 기반으로 예방적 유지보수 및 자산 관리 수행( 설비의 효율적이며 탄력적인 운영)

**시사점:** 모델링 및 학습 설계 시 사용 데이터(parameter, life profile)들이 [변경/ 추가될 때\( 품질 지표 포함\)](#) 이를 반영한 수정 모델링을 사용하도록 형상관리가 되어야 한다. 손쉽게 반영할 수 있는 provision을 사전에 갖추어야 양방향 Digital Twin이 된다.





# FIDES 코드 소개

- **방법론** : 환경 스트레스 요인(온/습도, 진동)과 작동 조건(열적사이클 등)을 life profile 형태로 제공함. 매개변수 기반으로 전자부품의 고장률을 추정할 수 있는 구조화된 방법론을 제공함. 신뢰성 모델에 통합하여 시스템 고장률 추정 가능함.
- **표준화**: 일관성 있는 표준화된 고장률 추정 방법론과 데이터 형식 제공 (이해관계자 간의 의사소통, 협업 및 지식 공유 촉진 가능)
- **데이터 기반 의사 결정**: 설계, 운영, 유지 보수 및 안전 관리와 관련된 의사 결정 프로세스에 귀중한 입력으로 사용
- **비용 및 시간 절약**: FIDES 가이드의 확립된 방법론과 데이터 소스 사용으로 신뢰성 및 위험 평가에 필요한 시간과 자원 절감
- **평가 정형화**: 정형화된 평가(Pi PM, Pi Process)로 life cycle 전반(7 phases)의 품질/프로세서 평가 가능

## 원전적용

- 원자력 발전소의 안전 필수 시스템 신뢰성 평가 향상 (**정형화, 신뢰성 모델**)
- FIDES의 원전 적용은 절차를 거쳐야 하겠지만 구조화된 방법론, 표준화된 데이터 형식이므로 **비교 평가 가능**
- 디지털트윈 등 가상공간에서 사전 검증 및 지속 연구 협력 필요 (**기술 가속화 대비**)

## ➤ FIDES 코드

❖ **FIDES** : Forschungsgesellschaft für Informationstechnik und Datenverarbeitung  
(정보처리기술 및 데이터 처리 연구회: "Research Association for Information Technology and Data Processing")

➤ **배경**: FIDES는 독일의 산업 및 학계의 전문가들이 모인 연구 기관으로 설립, 전자부품의 안전 및 신뢰성(항공우주 및 자동차 산업과 같은 안전이 중요한 분야) 향상을 위한 평가 기준이 필요하여 국제 표준을 개발하고 유럽 및 국제적인 범위로 확대됨(1980초)

### ➤ MIL 217 과 비교

1) **유사성** : 신뢰성 평가 및 예측을 위한 방법론과 모델, 안전 및 신뢰성 관련 요구사항을 충족함을 확인하는 표준

### 2) 차이점 :

- 217F는 과거의 실증적인 데이터와 경험 기반의 모델을 개발하여 간단한 해석 및 일반적 상황에 유용함 (미국 국방성개발 표준으로 군사 및 방위산업에 주로 사용하고 )
- FIDES 는 환경 및 응력 요인을 추가 고려한 모델링 방식을 채용하여 복잡한 모델 및 정밀 예측이 가능함 ( 항공우주, 자동차 ,철도, 의료기기 등 다양한 산업에 채택되어 표준의 범용성이 확대됨)

# ➤ FIDES 소개

## ➤ 일반사항

- 2004년에 최초 발행, 2009년, 2022년에 개정하는 등 최근까지 활발하게 update 되는 방법론
- FIDES방법론 개발그룹에는 AIRBUS France, Eurocopter, Nexter Electronics, MBDA France, Thales Avionics, Thales Underwater Systems 등의 항공 및 방산업체들이 포함되고 이를 사용하고 있음
- MIL 217이 온도가속노화만을 고려하는 반면에, FIDES는 온도, 습도, 진동, 오염, 열적 사이클 등을 모두 고려하는 가장 섬세한 방법론이다.
- 5종의 가속노화조건을 고려하며 조건 반영을 위한 Lifeprofile의 적용이 구체적이며 상세하게 제공됨
- FIDES는 최근 20년간 FIDES 그룹의 field 고장률 이력 data와 FIDES 방법론이 잘 일치하는 결과를 보인다고 공식적으로 발표(대규모의 다양한 안전필수분야에 대한 실증 이력을 최초로 공식 발표 한 사례)
- 또 하나의 중요한 특징은 타 방법론이 소자의 품질과 제조기술 지수만을 고려하는데 반하여, FIDES는 소자 이외에 소자를 이용한 **설비의 제조기술과 품질을 같이 고려함으로써**, 소자 이용기술과 설계 마진 등이 실제 사용환경에 따라 해당 소자의 고장률에 절대적 영향요소가 된다는 점을 반영 하고 있다는 것이 큰 차이점 (이는 야구선수에게 KBO에서의 방어율 과 MLB에서의 방어율은 그 기준이 다를 것이라는 상식적인 사항을 공학 설계에 반영하는 것으로 이해할 수 있다.)

# ➤ FIDES 구성

## I. Introduction

## II. Reliability- Failure Rate Prediction Guide

- FIDES 모델 소개 ( reliability data 소스, approach, general model, mission profile, stress, 예시)

## III. Reliability- Failure Rate Prediction Guide\_ Calculation Sheets

- Electronic components (21 종)
- Hybrids and multi-chip modules (6 종)
- Microwave and radiofrequency components (6 종)
- COTS boards
- Miscellaneous subassemblies (7종)
- [Parts\\_count reliability prediction \( general principles, parameter tables/36항목 123종 분류\)](#)
- Managing the transition to lead-free

## IV. Reliability Process Control and Audit Guide (Audit 방법론, process factor, scoring)

## V. Reliability Process Control and Audit Guide\_Recommendations

- Weighted recommendation tables([Life cycle 7 단계](#))
- Detailed recommendation sheets ([Audit 186 항목](#)) ; 신뢰성 평가 강조

# ➤ FIDES 고장률 계산

❖ 고장률 계산식(Part count)은 세가지 인자로 구성 (  $\lambda_{\text{physical}}$ ,  $\Pi_{\text{PM}}$ ,  $\Pi_{\text{process}}$  )

**General model associated with all families**

$$\lambda = \lambda_{\text{Physical}} \times \Pi_{\text{PM}} \times \Pi_{\text{Process}}$$

Where:

$$\lambda_{\text{Physical}} = \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{phase}}}{T_{\text{Total}}} \right) \times (\lambda_{\text{ECU}})_i$$

$$+ \sum_i^{\text{Phases}} \left( \frac{t_{\text{phase}}}{T_{\text{Total}}} \right)_i \times \left( \begin{array}{c} \lambda_{0\text{TH}} \times \Pi_{\text{Thermal}} \\ + \lambda_{0\text{TCyCase}} \times \Pi_{\text{TCyCase}} \\ + \lambda_{0\text{TCySolderJoints}} \times \Pi_{\text{TCySolderJoints}} \\ + \lambda_{0\text{RH}} \times \Pi_{\text{RH}} \\ + \lambda_{0\text{Mech}} \times \Pi_{\text{Mech}} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{\text{Induced}})_i$$

The failure rate  $\lambda_{\text{ECU}}$  represents the Electrical (relays and switches), Chemical and Wear-out contributions, where the response to environmental conditions is null or is ignored when using count-based reliability methods. However,  $\lambda_{\text{ECW}}$  does differ as between operating mode (under power) and non-operating mode (switched off).

## Mission profile data

$t_{\text{annual}}$	Time associated with each phase over one year (hours)
$\text{RH}_{\text{ambient}}$	Humidity level associated with a phase (%)
$T_{\text{ambient}}$	Mean temperature during a phase (°C)
$\Delta T_{\text{cycling}}$	Amplitude of temperature variation associated with a cycling phase (°C)
$T_{\text{max-cycling}}$	Maximum temperature on the board during a cycling phase (°C)
$N_{\text{cy}}$	Number of cycles associated with each cycling phase (cycles)
$\theta_{\text{cy}}$	Cycle duration (hours)
$G_{\text{RMS}}$	Vibration amplitudes random associated with each phase (GRMS)

# ➤ FIDES 고장률계산 ( $\Pi_{PM}$ , part manufacturing factor)

❖  $\Pi_{PM}$  은 제작기술과 품질 영향을 계수로 반영함

➤  $\Pi_{PM}$  : 해당 소자의 제작기술과 품질 영향계수

1) QA **manufacturer** : 제작자의 QA 수준 (0,1,2,3)

2) QA **component** : 부품의 QA 수준 (0,1,2,3)

3) RA **component** : 부품의 Test수준 (0,1,2,3)

- 기기검증, 주기적시험 포함

4) **Experience factor**  $\epsilon$  : 제작자의 경험 수준 (1,2,3,4)

➤  $\Pi_{PM}$  factor range :

- Best : **0.5** (superior to state of the art)

- Worst : **2**

- Not evaluated : **1.7** (default)

## Part manufacturing factor $\Pi_{PM}$

$\Pi_{PM}$  is simplified and used as part of a component selection policy, to be considered globally and not by component family.

$$\Pi_{PM} = e^{1.39 \times (1 - \text{Part\_Grade}) - 0.69}$$

$$\text{Where: Part\_Grade} = \left[ \frac{(QA_{\text{manufacturer}} + QA_{\text{component}} + RA_{\text{component}}) \times \epsilon}{36} \right]$$

### QA<sub>manufacturer</sub>

The quality assurance level of the selected manufacturers is most often (for example):	Position relative to state of the art	QA <sub>manufacturer</sub>
Certified under ISO/TS16949 V2002	Higher	3
Certified under one of: QS9000, TL9000, ISO/TS 29001, EN9100, AS9100, JISQ 9100, AQAP 2110, AQAP 2120, AQAP 2130, IRIS, IEC TS 62239, ESA/SCC QPL, MIL-PRF-38535 QML, MIL-PRF-19500	Equivalent	2
Certified under ISO 9000 version 2000	Lower	1
No information	Much lower	0

### QA<sub>component</sub>

The quality assurance level of the selected components is most often (for example):	Position relative to state of the art	QA <sub>component</sub>
Qualification according to AEC Q100, Q101, or JESD47	Higher	3
Qualification according to JESD22, JEP143 or QML	Equivalent	2
Manufacturer qualification program, unidentified production sites	Lower	1
No information	Much lower	0

### RA<sub>component</sub>

The level of testing on most of the selected components is most often (for example):	Position relative to state of the art	QA <sub>component</sub>
Very severe tests are usually carried out	Very reliable – Level A	3
Severe tests are usually carried out	Very reliable – Level B	2
Tests are usually carried out	Reliable	1
No tests	Not reliable	0

Typical tests are given, for example for integrated circuits, in the detailed method.

### Experience factor $\epsilon$

The selected manufacturers are most often:	Position relative to state of the art	$\epsilon$ factor
Known, with mature processes	Very low risk	4
Known, with processes that are not yet analysed or are not mature	Low risk	3
Not known	Risk	2
Previous disqualifications, problems observed, etc.	High risk	1

# ➤ FIDES 고장률계산 ( $\Pi_{Process}$ , *quality and technical control of reliability*)

❖  $\Pi_{Process}$  는 수명주기 7 단계에 대해 품질 및 기술 영향을 계수로 반영함

- $\Pi_{Process}$  : 해당 소자 및 부품을 이용하여 제작되는 설비의 설계, 제작, 조립, OM 및 지원 역무를 포함하는 수명주기(Life Cycle), 7가지 공정에 대한 품질 및 기술 영향계수
- $\Pi_{Process}$  factor range :
  - Best : 1
  - Worst : 8
  - Not evaluated : 4.0 (default)

단계(phase)	단계별 기여도(contribution 가중치) %
사양서(spec.)	8
설계(design)	16
부분품 제작(PCB 등 Manufacturing)	20
부분설비 통합(Equipment Integration)	10
전체 시스템 통합(System Integration)	10
운영/유지보수(Operation & Maintenance)	18
지원활동(Support Activity)	18
합계	100

The formula for the process factor is as follows:

$$\Pi_{Process} = e^{\delta_2(1-Process\_Grade)}$$

The factor  $\delta_2$  determines the range of variation of the process factor. It has been set at **2.079**, which entails a dynamic range of 1 to 8 for the process factor.

The **Process\_Grade** is calculated from the previously calculated **Audit\_Scores** for each phase, weighted by the **Phase\_Contribution** of each phase such that:

$$Process\_Grade = \sum_{j=1}^7 \left( Phase\_Contribution_j \times \frac{Audit\_Score_j}{Max\_Audit\_Score_j} \right)$$

# ➤ FIDES 고장률계산 ( $\Pi_{Process}$ )

## 수명주기(Life Cycle)에 대한 공정별 Audit 평가

### Life cycle

The table below details the complete life cycle of a product, through which its reliability is determined. The FIDES methodology covers the evaluation and control of reliability throughout the life cycle.

Phases		Main activities	
1	SPECIFICATION	1.1	Statement of need by the customer
		1.2	Formalization of system requirements
		1.3	Definition of the architecture
		1.4	Allocation of system requirements
		1.5	Formalization of subsystem, equipment, etc. requirements
2	DESIGN	2.1	Feasibility / Preliminary studies
		2.2	Detailed design
		2.3	Tests and fine-tuning
		2.4	Qualification
		2.5	Preparation for production / Product industrialization
		2.6	Preparation of logistics support
3	BOARD OR SUBASSEMBLY MANUFACTURING	3.1	Reception / incoming inspection
		3.2	Storage
		3.3	Assembly of board or subassemblies
		3.4	Testing (board or subassemblies)
		3.5	Equipment integration
		3.6	ESS (board or subassembly)
		3.7	Acceptance
		3.8	Delivery of board or subassembly
4	EQUIPMENT INTEGRATION	4.1	Reception / incoming inspection
		4.2	Storage
		4.3	Assembly of equipment
		4.4	Testing of equipment
		4.5	ESS (equipment)
		4.6	Acceptance of equipment
		4.7	Delivery of equipment
5	SYSTEM INTEGRATION	5.1	Reception / incoming inspection
		5.2	Storage
		5.3	Assembly of system
		5.4	Testing of system
		5.5	ESS (system)
		5.6	Acceptance of system
		5.7	Delivery of system
6	OPERATION & MAINTENANCE	6.1	Transfer to user
		6.2	Operational use
		6.3	In-service support
7	SUPPORT ACTIVITIES	7.1	Management of subcontractors
		7.2	Management of reliability, supplies, incidents
		7.3	Management of the quality system, resources

# ➤ FIDES 고장률계산 ( $\Pi_{Process}$ )

## 186개 문항별 4가지 Level 로 개별 평가( 예시: Audit recommendation/question )

항목번호	Compliance Score (평가점수(a))	Phases	Weight	Audit (Level of compliance)	Recommendation	Further description	Audit question
1	3	Specification	10.7	4	RAMST(Dependability(의존성): Reliability, Availability, Maintainability, Safety and Testability) 연구에 대한 인적, 재무적 자원이 프로젝트와 별도로 독립적 지정이 되어있는가? 제품 의존성 책임자에게 금액이 지정되고 이를 수행할 인력과 수단이 주어지는가? Assign human and financial resources to dependability a.k.a. "RAMST" (Reliability, Availability, Maintainability, Safety, Testability) studies.	제품 의존성 책임자에게 금액이 지정되고 이를 수행할 인력과 수단이 주어지는가? Is there a financing item for dependability studies? Have the necessary means and personnel been identified?	
2	2	Specification	10.4	3	시스템 신뢰도를 하위 부분품 계층까지 (예: system, equipment, PCB 등의 subassembly) 필요한 신뢰도로 할당하는가? Allocate reliability requirements down to subassembly level	Are the general reliability requirements allocated down to subassembly level? If so, which method of allocation was used?	
3	3	Support	7.4	4	제품의 생산 및 통합과정에서 악화를 막기 위해 필요한 필요 기반시설의 할당이 되었는가? Allocate the necessary infrastructures to avoid deterioration of products during production and integration operations.	Have analyses (such as Process FMECA) been carried out in order to formulate recommendations on the necessary infrastructures for production and integration? Are the recommendations that emerge from these studies formalized?	
4	1	Support	6.6	2	회사가 신뢰도 공학을 지속적으로 개선하는가? 신뢰도 개선목표가 정의되었는가? Continuously improve the company's reliability engineering.	Have improvement targets been defined for reliability engineering? Have performance indicators been defined for these targets?	
5	2	acturing(Board_sub	6.6	3	제품의 spec. 및 시험요약보고서를 이용한 최종시험범위 최적화 Optimize the final test coverage with regard to the product specification, with the aid of the test result summary.	Is a test result summary produced in order to optimize the final test coverage?	
6	2	Design	7.8	3	부분품의 테스트 매뉴얼을 완벽하게 작성할 수 있는 수준의 정보 Ensure the completeness of information on subassemblies in order to establish subassembly test manuals	Is the technical data on subassemblies available for the development of production tests?	
7	2	Design	6.7	3	시정조치의 구현 Implement corrective actions	What process is used to collect data on technical events, to report anomalies, and to manage them?	
8	3	Design	6.8	4	예방조치의 구현 Implement preventive actions.	Do the preventive action procedures include: - The use of diversified sources of information? - The definition of the steps to follow? - The criteria for triggering preventive actions and applying inspection procedures? - A preventive action follow-up review?	
9	2	Eqp_integration	16.5	3	생산품의 추적성 Ensure product traceability.	How is product traceability ensured?	
10	1	Eqp_integration	12.3	2	시스템 및 부분설비 포장 Manage the packaging of systems and equipment.	Does the supplier control wrapping, packaging and marking processes to ensure compliance with specified requirements? Is there a list of equipment that requires packaging?	
185	#VALUE!	Design	18	?	Analyse the need for environmental stress screening (ESS) and define the ESS procedure.	Has the need for ESS been analysed? If applicable, has the ESS procedure been defined?	
186	#VALUE!	Design	11	?	Check that the environmental stress screening (ESS) test coverage is correctly defined and formalized.	Has the coverage rate of the ESS test been estimated?	

# ➤ FIDES 고장률계산 ( $\Pi_{Process}$ )

## 평가(Audit) 결과에 따른 $\Pi_{PROCESS}$ 계산 결과 ( 예시 )

항목번호	Compliance Score (평가점수(a))	Phase 1(specification)		Phase 2(design)		Phase 3(manufacturing)		Phase 4(eqp_inteграtion)		Phase 5(sys_inteграtion)		Phase 6(OM)		Phase 7(support)	
		Recom_Wei ght (권고가중 치)(b)	Weighted_P oints (가중평가점 수) (a)*(b)	Recom_Wei ght (권고가중 치)(b)	Weighted_P oints (가중평가점 수) (a)*(b)										
7	2	0	6.7	13.4	15.4	30.8	15.4	30.8	15.4	30.8	17.5	35	0		
8	3	0	6.8	20.4	15.6	46.8	15.6	46.8	15.6	46.8	17.7	53.1	0		
9	2	0	0	0	0	16.5	33	16.5	33	9.2	18.4	0			
10	1	0	0	0	0	12.3	12.3	12.3	12.3	13.8	13.8	0			
11	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	10.8	#VALUE!	10.8	#VALUE!	15.6	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!		
12	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	17.5	#VALUE!	17.5	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!	#VALUE!		
183	#VALUE!	#VALUE!	15	#VALUE!	#VALUE!										
184	#VALUE!	#VALUE!	16	#VALUE!	#VALUE!										
185	#VALUE!	#VALUE!	18	#VALUE!	#VALUE!										
186	#VALUE!	#VALUE!	11	#VALUE!	#VALUE!										
	Calculating (audit score)	Recom_wei ght_sum (권고가중 치 합계) (c)	Audit_Scor e_Sum (가중평가점 수 합계) (d)												
		173.3	#VALUE!	467.3	#VALUE!	440.2	#VALUE!	495.4	#VALUE!	384.6	#VALUE!	376.9	#VALUE!	193.2	#VALUE!
	Calculating (process factor)	Max_weigh ted_points_ sum (최고 가중 치 점수합 계) (e)=((c)*3)	519.9	Max_weigh ted_points_ sum (최고 가중 치 점수합 계) (e)=((c)*3)	1401.9	Max_weigh ted_points_ sum (최고 가중 치 점수합 계) (e)=((c)*3)	1320.6	Max_weigh ted_points_ sum (최고 가중 치 점수합 계) (e)=((c)*3)	1486.2	Max_weigh ted_points_ sum (최고 가중 치 점수합 계) (e)=((c)*3)	1153.8	Max_weigh ted_points_ sum (최고 가중 치 점수합 계) (e)=((c)*3)	1130.7	Max_weigh ted_points_ sum (최고 가중 치 점수합 계) (e)=((c)*3)	579.6
		Weighted contribution (가중평가기 여도) (f)=(d)/(e)	#VALUE!	Weighted contribution (가중평가기 여도) (f)=(d)/(e)	#VALUE!										
		phase contribution (g1)=8%	0.08	phase contribution (g2)=16%	0.16	phase contribution (g3)=20%	0.2	phase contribution (g4)=10%	0.1	phase contribution (g5)=10%	0.1	phase contribution (g6)=18%	0.18	phase contribution (g7)=18%	0.18
	Process_grade_phase	(h)=(f)*(g1)	#VALUE!	(h)=(f)*(g2)	#VALUE!	(h)=(f)*(g3)	#VALUE!	(h)=(f)*(g4)	#VALUE!	(h)=(f)*(g5)	#VALUE!	(h)=(f)*(g6)	#VALUE!	(h)=(f)*(g7)	#VALUE!
	Process_grade_system	#VALUE!													
	Pi_process =	#VALUE!	=exp2.079(1-Process_grade_system)												

# ➤ FIDES 고장률계산 ( $\lambda_{physical}$ )

❖  $\lambda_{physical}$  고장률 계산식, parameter table 및 life profile의 parameter 값을 사용하여 계산됨

## 계산식

$$\lambda_{Physical} = \sum_i^{Phases} \left( \frac{t_{phase}}{T_{Total}} \right) \times (\lambda_{ECU})_i$$

$$+ \sum_i^{Phases} \left( \frac{t_{phase}}{T_{Total}} \right)_i \times \left( \begin{array}{l} \lambda_{0TH} \times \Pi_{Thermal} \\ + \lambda_{0TcyCase} \times \Pi_{TcyCase} \\ + \lambda_{0TcySolderJoints} \times \Pi_{TcySolderJoints} \\ + \lambda_{0RH} \times \Pi_{RH} \\ + \lambda_{0Mech} \times \Pi_{Mech} \end{array} \right)_i \times (\Pi_{Induced})_i$$

Factors contributing to physical stresses

$\Pi_{Thermal}$	$e^{11604 \times Ea_{Th} \times \left[ \frac{1}{T_0+273} - \frac{1}{T_{ambient} + \Delta T \times e^{-\alpha \times T_{ambient} + 273}} \right]}$
$\Pi_{TcyCase}$	$\left( \frac{12 \times N_{cy}}{T_{phase}} \right) \times \left( \frac{\Delta T_{cycling}}{20} \right)^{m_B} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{T_{max-cycling} + 273} \right]}$
$\Pi_{TcySolder_joints}$	$\left( \frac{12 \times N_{cy}}{T_{phase}} \right) \times \left( \frac{\min(\theta_{cy}, 2)}{2} \right)^{\frac{1}{3}} \times \left( \frac{\Delta T_{cycling}}{20} \right)^{m_{JB}} \times e^{1414 \times \left[ \frac{1}{313} - \frac{1}{T_{max-cycling} + 273} \right]}$
$\Pi_{Mechanical}$	$\left( \frac{G_{RMS}}{0.5} \right)^n$
$\Pi_{RH}$	$\left( \frac{RH_{ambient}}{70} \right)^{4.4} \times e^{11604 \times Ea_{RH} \times \left[ \frac{1}{293} - \frac{1}{T_{ambient} + 273} \right]}$

## Life profile

Life Profile		
t annual=	8520	240
RH ambient	70	70
T ambient =	40	40
$\Delta T$ cycling=	40	40
T max-cycling=	150	150
N annual-cy=	1	1
$\theta$ cy=	8760	8760
Grms(g)	3	3
	ON phase	OFF phase

## parameter table

ON phases: Average parameters by default per type of item													Induced
Thermal			Humidity		Thermal cycling				Mechanical		El.Ch.Wr		Csensitivity
$\lambda_{Th}$	$Ea_{Th}$	$T_0$	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{RH}$	$Ea_{RH}$	$\lambda_{Tcy\_B}$	$m\_B$	$\lambda_{Tcy\_JB}$	$m\_JB$	$\lambda_M$	$n$	

# ➤ FIDES 소개

## FIDES 고장률 계산을 위한 parameter table

### Parts count: Parameters

#### Parameters associated with operating (ON) phases for counting by type

		ON phases: Average parameters by default per type of item														Induced Csensitivity	
		Thermal					Humidity		Thermal cycling				Mechanical		El.Ch.Wr		
		$\lambda_{Th}$	$Ea_{Th}$	$To$	$\Delta T$	$\alpha$	$\lambda_{Rh}$	$Ea_{Rh}$	$\lambda_{Tcy\_B}$	$m\_B$	$\lambda_{Tcy\_JB}$	$m\_JB$	$\lambda_M$	$n$	$\lambda_{ECW}$		
Digital integrated circuit	Hermetic	$\leq 24$ p	0.021	0.7	20	3	0	0	0	0.002	4	0.012	1.9	0.00028	1.5	0	6.3
		24 to 48 p	0.021	0.7	20	5	0	0	0	0.0044	4	0.041	1.9	0.0012	1.5	0	6.3
		48 to 144 p	0.021	0.7	20	7	0	0	0	0.0084	4	0.11	1.9	0.0036	1.5	0	6.3
		144 to 288 p	0.021	0.7	20	10	0	0	0	0.016	4	0.30	1.9	0.011	1.5	0	6.3
		$> 288$ p	0.021	0.7	20	14	0	0	0	0.034	4	0.96	1.9	0.043	1.5	0	6.3
	Non-hermetic	$\leq 24$ p	0.021	0.7	20	3	0	0	0	0.002	4	0.012	1.9	0.00028	1.5	0	6.3
		24 to 48 p	0.021	0.7	20	5	0	0	0	0.0044	4	0.041	1.9	0.0012	1.5	0	6.3
		48 to 144 p	0.021	0.7	20	7	0	0	0	0.0084	4	0.11	1.9	0.0036	1.5	0	6.3
		144 to 288 p	0.021	0.7	20	10	0	0	0	0.016	4	0.30	1.9	0.011	1.5	0	6.3
		$> 288$ p	0.021	0.7	20	14	0	0	0	0.034	4	0.96	1.9	0.043	1.5	0	6.3
Memory integrated circuit	Hermetic	$\leq 24$ p	0.054	0.7	20	6	0	0	0	0.002	4	0.012	1.9	0.00028	1.5	0	6.3
		24 to 48 p	0.054	0.7	20	8	0	0	0	0.0044	4	0.041	1.9	0.0012	1.5	0	6.3
		48 to 144 p	0.054	0.7	20	12	0	0	0	0.0084	4	0.11	1.9	0.0036	1.5	0	6.3
		144 to 288 p	0.054	0.7	20	17	0	0	0	0.016	4	0.30	1.9	0.011	1.5	0	6.3
		$> 288$ p	0.054	0.7	20	24	0	0	0	0.034	4	0.96	1.9	0.043	1.5	0	6.3
	Non-hermetic	$\leq 24$ p	0.054	0.7	20	6	0	0	0	0.002	4	0.012	1.9	0.00028	1.5	0	6.3
		24 to 48 p	0.054	0.7	20	8	0	0	0	0.0044	4	0.041	1.9	0.0012	1.5	0	6.3
		48 to 144 p	0.054	0.7	20	12	0	0	0	0.0084	4	0.11	1.9	0.0036	1.5	0	6.3
		144 to 288 p	0.054	0.7	20	17	0	0	0	0.016	4	0.30	1.9	0.011	1.5	0	6.3
		$> 288$ p	0.054	0.7	20	24	0	0	0	0.034	4	0.96	1.9	0.043	1.5	0	6.3



# FIDES 소개

## FIDES 고장률 계산결과 (예시) : Mission Profile 적용

Parts			ON phases: Average parameters by default by item type (∏ acceleration)											Induced					
			∏ Thermal				∏ humidity		∏ Temperature cycling				∏ Mechanical		∏ EL Ch. W	C sensitivity	∏ Thermal		
			λTh	Ea_Th	TO	ΔT	α	λRh	Ea_Rh	λTcy_B	m_B	λTcy_JB	m_JB	λM	n	λECU		λTh	Ea_Th
<b>Life Profile (MVDC)</b>																			
t annual=	8520	240	hrs	t annual : 1년 동안 동작(phase) 하는 각각의 시간(hours) 합을 표시한다. MVDC에는 정비기간 10일을 제외하고 8520 hrs를 적용한다.															
RH ambient	70	70	%	RH ambient: 동작기간중의 상대습도(%)를 적용한다. MVDC는 HVDC 설계기준(70% 이하)을 적용한다.															
T ambient =	40	40	도	T ambient : 동작기간중의 평균온도를 적용한다. MVDC는 HVDC 설계 기준 (0 ~ 40도)을 참조하여 40도를 적용한다															
ΔT cycling=	40	40	도	ΔT cycling: 사이클온전과 관련한 변화온도를 적용한다. MVDC는 40도를 적용한다.															
T max-cycling=	150	150	도	T max-cycling : 사이클 온전 기간동안의 보드의 최고온도를 적용한다. MVDC는 HVDC 상위제어기 기준 최고 온도 150도를 적용한다.															
N annual-cy=	1	1	회	N annual-cy: 1년동안의 사이클회수 MVDC는 1 회로 적용한다.															
θ cy=	8760	8760	hrs	θ cy : cycle duration 을 적용한다. MVDC는 1년주기로 온전하는 것으로 가정하여 8760hrs를 적용한다.															
Grms(g)	3	3	g	Grms : level of random vibrations															
ON phase OFF phase			<b>FIDES 계산</b>																
			<b>SDS</b>											<b>고장률 계산식(엑셀)</b>		<b>part</b>	<b>part</b>	<b>part</b>	
														계산식	FIDES_ON_122	FIDES_OFF_122			
			4.2.4. ∏ thermal 계 ∏ thermal = exp^A = EXP(T146)											∏ thermal =	3.044905	1			
			4.2.4. ∏ thermal 계 A= 11604 x Ea_Th x [ 1/ (To +273) - 1/( T ambient + ΔT x exp^-α * Tamb + 273)]											A =	1.113469779	0			
			4.2.5 ∏ humidity (∏ ∏ humidity = [RH ambient/70]^4.4 x exp^B											∏ humidity =	1.00000	4.56477			
			4.2.5 ∏ humidity (∏ B = 11604 x Ea_Rh x [1/293 - 1/ (T ambient +273)]											B =	0	1.518367881			
			4.2.6 ∏ tcysolderjo ∏ tcysolderjoint = [12 x N annual_cy/ t annual] x [min(θcy, 2)/2]^(1/3) x [ ΔT cycling/											∏ tcysolderjoint =	0.025794	0.9156858			
			4.2.6 ∏ tcysolderjo C= 1414 x [1/313 - 1/ (T max_cycling +273)]											C=	1.174782287	1.174782287			
			4.2.7 ∏ mechanical ∏ mechanical = [Grms /0.5]^n											∏ mechanical =	14.69694	14.696938			
			4.2.8 ∏ tcycase 계 ∏ tcycase = [ 12 x N annual_cy / t annual ] x [ ΔT cycling /20 ]^m_B x exp^C											∏ tcycase =	0.00912	0.3237438			
			4.2.8 ∏ tcycase 계 C= 1414 x [ 1/313 - 1/ (T max_cycling +273)]											C=	1.174782287	1.174782287			
			4.2.9 ∏ induced 계 ∏ induced = C sensitivity											∏ induced =	5.9	5.9			
			4.2.10 λ physical 계 λ physical = Sigma(phases) [ t annual/8760 ] x λECUi +Sigma(phases) [ t ann											λ physical =	875.7308	20.676422			
			4.2.10 λ physical 계 equal/8760 ] x [ λTh *∏ thermal + λTcy_B *∏ tcycase + λTcy_JB * ∏ tcysolderjoint + λM *∏ mechanical + λRh*∏ humidity ] x ∏ inducedi																
			4.2.11 Part_Grade 계산 (미적용)																
			4.2.12 ∏ PM 계산 (∏ PM = exp^1.39*(1-Partgrade)-0.69																
			4.2.12 ∏ PM 계산 (∏ PM =1 미평가 능동소자 (미적용)																
			4.2.12 ∏ PM 계산 (∏ PM =1 미평가 기타, COTS boards and various subassemblies											∏ PM (default) =	1.6	1.6			
			4.2.13 ∏ Process 계 ∏ Process:미평가											∏ Process =	4	4			
			4.2.14 λ 계산 (part λ(part) = λ physical x ∏ PM x ∏ Process											λ(part) = FIT	5604.677	132.3291			
			λ(part) = λ physical x ∏ PM x ∏ Process (ON/OFF 합계 )												5737.006				

# Thank You

Global I&C partners acts for a safe world through common application of dependable control system technology.

kerikim0328@daum.net  
qwessl01@naver.com

